

A DEVELOPMENT OF SECURITY SURVEILLANCE SYSTEM FOR THE DATA CENTER BY USING INTERNET OF THINGS

Received Date: 2024, January 5

Revised Date: 2024, February 27

Accepted Date: 2024, March 6

Narin Panawas*

ABSTRACT

The objectives of this research are to: 1) develop a system for monitoring electricity supply and temperature within the data center using Internet of Things (IoT) technology; 2) enhance the notification system for power outages and temperatures exceeding standard levels within the data center through the Line notification application; and 3) evaluate the efficiency of the environmental monitoring system within the data center using IoT technology. The developed equipment allows system administrators to detect and address problems immediately, thereby reducing the risk of damage to network servers, network equipment, and information data within the data center in order to maintain service quality and reduce the downtime for data center system recovery.

The performance assessment results from experts was at a good level ($\bar{X}=4.47$, $SD=0.20$). Additionally, the quality assessment from the users who used the system was at a very good level ($\bar{X}=4.56$, $SD=0.20$). These results align with the hypotheses that the system could be practically used within the data center room at Sripatum University at Chonburi.

Keywords: IoT, Data Center Room, Power Outage.

* Faculty of Information Technology, Sripatum University at Chonburi

Corresponding author e-Mail: narin.pa@chonburi.spu.ac.th

การพัฒนาระบบเฝ้าระวังความปลอดภัยห้องดาต้าเซ็นเตอร์ ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง

วันที่ได้รับต้นฉบับบทความ: 5 มกราคม 2567

วันที่แก้ไขปรับปรุงบทความ: 27 กุมภาพันธ์ 2567

วันที่ตอบรับตีพิมพ์บทความ: 6 มีนาคม 2567

นรินทร์ พนาวาส*

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบตรวจสอบการจ่ายกระแสไฟฟ้า และระบบตรวจวัดอุณหภูมิภายในห้องดาต้าเซ็นเตอร์ด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง 2) เพื่อพัฒนาระบบการเฝ้าระวัง และแจ้งเตือนข้อมูลการแสดงผลระบบไฟฟ้าดับ และอุณหภูมิมีค่าสูงกว่ามาตรฐานภายในห้องดาต้าเซ็นเตอร์ ผ่านระบบแจ้งเตือนไลน์ 3) เพื่อวัดประสิทธิภาพของชุดระบบเฝ้าระวังสภาพแวดล้อมห้องดาต้าเซ็นเตอร์ ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นทำให้ผู้ดูแลระบบสามารถรับทราบปัญหา และเข้าไปแก้ไขปัญหาได้ทันที เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดและอุณหภูมิมีค่าสูงกว่ามาตรฐานภายในห้องดาต้าเซ็นเตอร์ ผ่านระบบแจ้งเตือนไลน์ และ 4) เพื่อวัดประสิทธิภาพของชุดระบบเฝ้าระวังสภาพแวดล้อมห้องดาต้าเซ็นเตอร์

ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นทำให้ผู้ดูแลระบบสามารถรับทราบปัญหา และเข้าไปแก้ไขปัญหาได้ทันที เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายของเครื่องแม่ข่าย อุปกรณ์เครือข่าย และข้อมูลสารสนเทศ ภายในห้องดาต้าเซ็นเตอร์ เพื่อคุณภาพการให้บริการ ลดระยะเวลาในการกู้คืนระบบของศูนย์ข้อมูล ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.47 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.20 และผลการประเมินคุณภาพจากผู้ใช้งานระบบอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.56 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.20 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ ระบบสามารถใช้งานได้จริงภายในห้องดาต้าเซ็นเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง, ห้องดาต้าเซ็นเตอร์, ไฟฟ้าดับ

* คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี

Corresponding author e-Mail: narin.pa@chonburi.spu.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันการให้บริการระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี มีอุปกรณ์ที่มีความสำคัญติดตั้งและให้บริการภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ หรือศูนย์ข้อมูล (Data center) ได้แก่ อุปกรณ์ด้านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer networking) เครื่องบริการ (Server) จำนวน 23 เครื่อง เครื่องสำรองไฟฟ้า (UPS) ขนาด 20 kv จำนวน 1 เครื่อง โดยอุปกรณ์ต่าง ๆ มีการทำงานแบบ 24 ชั่วโมง ตลอด 7 วัน และหากเกิดกรณีไฟฟ้าดับภายในมหาวิทยาลัย เครื่องสำรองไฟฟ้าสามารถรองรับการให้บริการได้ประมาณ 2-3 ชั่วโมง โดยตัวแปรที่ส่งผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ ได้แก่ ความร้อน ความชื้น ระบบทำความเย็น ระบบตรวจจับควัน และระบบไฟฟ้า จึงจำเป็นต้องมีการดูแลควบคุมอุณหภูมิภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ให้อยู่ในระดับอุณหภูมิระหว่าง 20-22 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาอายุการใช้งานของเครื่องบริการ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ให้ไม่ขัดข้อง หรือเสื่อมสภาพ หรือแม้แต่วิธีการที่เพิ่มขึ้น ก็อาจทำให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หรือระบบไฟฟ้าภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ลัดวงจร ทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ซึ่งมีมูลค่าสูงไม่ปลอดภัย (จันทพงษ์ บุตรลักษณ์, ออนไลน์, 2560)

ภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ได้ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ จำนวน 2 เครื่อง ที่สลับการทำงานแบบ 24 ชั่วโมง ตลอด 7 วัน แต่จากการที่เครื่องปรับอากาศต้องทำงานตลอดเวลา และบางครั้งพบปัญหาจากระบบไฟฟ้าของอาคารที่เกิดเหตุขัดข้อง ทำให้เครื่องปรับอากาศเกิดปัญหาขัดข้อง ทำงานผิดพลาดหลายครั้ง ส่งผลกระทบให้อุณหภูมิภายในห้องสูงกว่าปกติ ซึ่งเป็นภาวะเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายของอุปกรณ์ทุกประเภทภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ ที่ต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมและคงที่อยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้ เมื่อเกิดปัญหาด้านอุณหภูมิภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ บ่อยครั้งที่ผู้ดูแลระบบและผู้ดูแลอาคารสถานที่ไม่ทราบถึงความผิดปกติของอุณหภูมิภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ เนื่องจากที่ผ่านมาการตรวจสอบอุณหภูมิภายในห้องดาต้าเซนเตอร์จะทำได้ต่อเมื่อมีผู้ดูแลระบบอยู่ในบริเวณห้องดาต้าเซนเตอร์เท่านั้น ทำให้เกิดความไม่สะดวกในการตรวจสอบเมื่อต้องอยู่นอกมหาวิทยาลัย และเกิดความล่าช้าในการแก้ไขปัญหา

จากการเกิดปัญหาของระบบไฟฟ้าดับ หรืออุณหภูมิภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ผิดปกติ สูงกว่ามาตรฐาน และผู้ดูแลระบบเข้าไปดำเนินการแก้ไขไม่ทัน อาจส่งผลให้เกิดความเสียหายอย่างมากต่ออุปกรณ์เครือข่าย เครื่องบริการ และข้อมูลสารสนเทศ โดยส่วนใหญ่ผู้ดูแลระบบจะทราบก็ต่อเมื่อมีผู้ใช้บริการแจ้งปัญหาเข้ามาเท่านั้น แต่ถ้ามียุทธวิธีในการแจ้งเตือนให้ผู้ดูแลระบบรับทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและทันทั่วทั้งก็จะสามารถกู้คืนระบบได้รวดเร็ว และลดอัตราความเสียหายของอุปกรณ์ และข้อมูลสารสนเทศภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ และสนับสนุนข้อตกลงระดับการให้บริการแก่ผู้ดูแลระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการจัดซื้ออุปกรณ์ไอโอที (IoT) ที่ประกอบไปด้วยตัวบอร์ด และเฟิร์มแวร์ ที่เป็นโอเพนซอร์ (Open Source) สามารถเชื่อมต่อ และจัดทำระบบการแจ้งเตือนเอง (เจ้าของร้าน, ออนไลน์, 2564) ได้แนะนำการนำระบบอุปกรณ์ไอโอที ไปประยุกต์ใช้ตรวจสอบระบบงานต่าง ๆ เพื่อเป็นการลดงบประมาณที่จะไปซื้อระบบอุปกรณ์การแจ้งเตือนของบริษัทภายนอกที่มีราคาสูงกว่าหลายเท่า

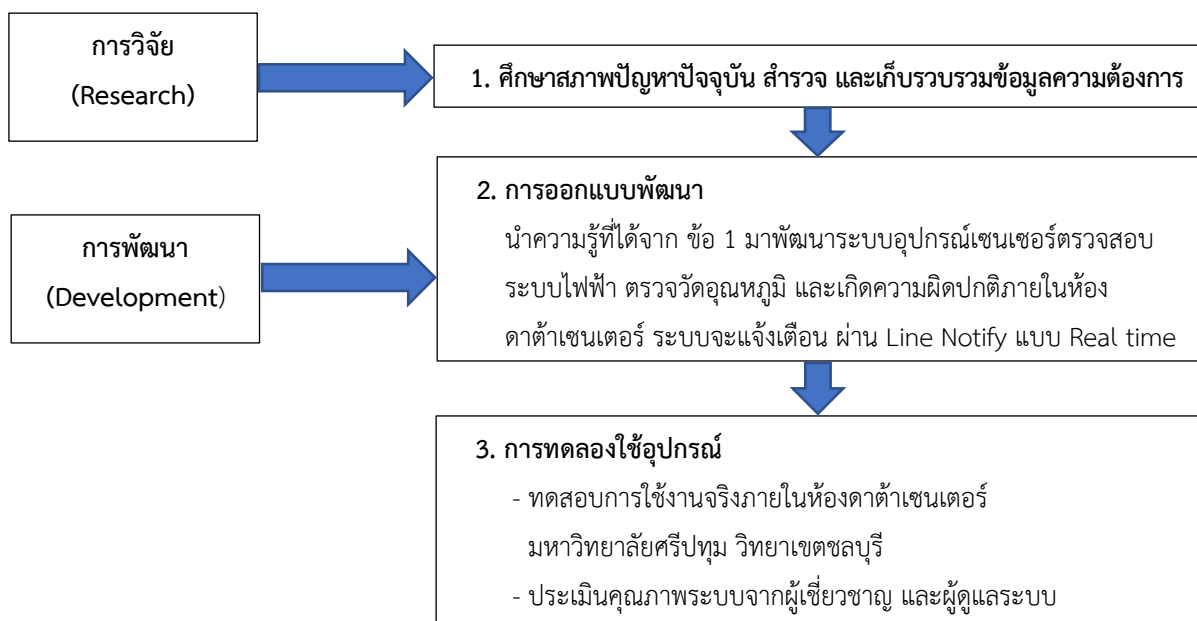
จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะดำเนินการ 1) พัฒนาระบบตรวจสอบการจ่ายกระแสไฟฟ้า และระบบตรวจวัดอุณหภูมิภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง 2) เพื่อพัฒนาระบบการเฝ้าระวัง และแจ้งเตือนข้อมูลการแสดงผลระบบไฟฟ้าดับ และอุณหภูมิมีค่าสูงกว่ามาตรฐานภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ ผ่านระบบแจ้งเตือนไลน์ และ 3) เพื่อวัดประสิทธิภาพของชุดระบบเฝ้าระวังสภาพแวดล้อมห้องดาต้าเซนเตอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าไปแก้ไขปัญหา และกู้คืนระบบได้อย่างรวดเร็ว ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายของอุปกรณ์ และข้อมูลสารสนเทศต่าง ๆ ภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ และสนับสนุนข้อตกลงระดับการให้บริการ (Service level agreement)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบการจ่ายกระแสไฟฟ้า และระบบตรวจวัดอุณหภูมิภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT)
2. เพื่อพัฒนาระบบการเฝ้าระวัง และแจ้งเตือนข้อมูลการแสดงผลระบบไฟฟ้าดับ และอุณหภูมิสูงกว่ามาตรฐานภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ ผ่านระบบแจ้งเตือนไลน์
3. เพื่อวัดประสิทธิภาพของชุดระบบเฝ้าระวังสภาพแวดล้อมห้องดาต้าเซนเตอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น

กรอบแนวคิดและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ดำเนินโครงการพัฒนาระบบเฝ้าระวังสภาพแวดล้อมห้องดาต้าเซนเตอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งตามรูปแบบการวิจัยและพัฒนาโดยมีขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ศึกษาหลักการ แนวคิด ทฤษฎี ความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบเฝ้าระวังสภาพแวดล้อมห้องดาต้าเซิร์ฟเวอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง ประกอบด้วยประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1. ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีไอโอที และนโยบายประเทศไทย 4.0 (Thailand 4.0) ซึ่งเทคโนโลยีไอโอที เป็นกรอบแนวคิดของระบบโครงข่ายที่รองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หลากหลายชนิด ตั้งแต่ คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ อุปกรณ์โครงข่าย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เซนเซอร์ และวัตถุต่าง ๆ เข้าด้วยกัน อันเป็นผลให้ระบบต่าง ๆ สามารถติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันได้อย่างเป็นอัตโนมัติ แนวคิดประเทศไทย 4.0 มีจุดเริ่มต้นจากการวิเคราะห์พัฒนาการของระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย ที่มีพื้นฐานจากระบบเศรษฐกิจในยุคประเทศไทย 1.0, ประเทศไทย 2.0 และประเทศไทย 3.0 (สำนักงาน กสทช, ออนไลน์, 2560)

2. ความรู้เกี่ยวกับการใช้งานอุปกรณ์ NodeMCU/ESP8266/NodeMCU/ESP32 และอุปกรณ์ MAX6675 พร้อมเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค รุ่นเอ็ม 6 (K Type Thermocouple Temperature Sensor M6) หรือเซ็นเซอร์ DHT11 โดย ESP32 คือ wifi microcontroller ที่ถูกพัฒนาต่อจาก ESP8266 โดยเพิ่ม CPU เป็น 2 core มีไวไฟที่เร็วขึ้น มีขา GPIO ให้ใช้งานมากขึ้น และรองรับ Bluetooth (แอตมิน, ออนไลน์, 2564) ส่วนอุปกรณ์ MAX6675 พร้อมเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค รุ่นเอ็ม 6 ใช้ในการตรวจสอบการจ่ายกระแสไฟฟ้า และตรวจวัดอุณหภูมิโดยใช้ NodeMCU เป็นตัวจัดเก็บค่าของโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ และเชื่อมต่อกับระบบไวไฟ เพื่อการรับส่งข้อมูล (กฤษฎา แก้วผุด่อง, โสมรัชมี พิบูลย์มณี และปิยวัฒน์ ขวนวารี, ออนไลน์, 2563) การตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นสำหรับห้องเซิร์ฟเวอร์เป็นระบบที่ใช้ไอโอที ซึ่งให้ข้อมูลในขณะที่ควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ มีเซ็นเซอร์หลายประเภท โดยระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ในการตรวจสอบอุณหภูมิความชื้นของห้อง หรือสถานที่เฉพาะ ระบบที่เสนอจะส่งข้อมูลไปยังระบบคลาวด์อย่างต่อเนื่อง เพื่อตรวจสอบข้อมูลได้จากทุกที่ สำหรับการตรวจสอบและควบคุมโดยตรงระบบมีการติดตั้ง พร้อมคุณสมบัติในการแจ้งเตือนผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน Telegram โดยใช้โมดูลของ Raspberry และ Arduino ร่วมกับเซ็นเซอร์ DHT11 ในการเชื่อมต่อกับ Raspberry และ Arduino ทุกครั้งที่ค่าอุณหภูมิสูงและความชื้นเกินเกณฑ์ที่ตั้งค่าไว้ ระบบจะทำการแจ้งเตือนผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน Telegram โดยใช้เอพีไอ ในการเชื่อมต่อจากอุปกรณ์แจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งานจากระยะไกล (Alvan Prastoyo Utomo, Aziz, Winarno & Harjito, 2019, pp. 1-8)

3. ความรู้เกี่ยวกับการใช้งานแอปพลิเคชันบลิง (Application Blynk) ซึ่งเป็นรหัสเปิด (Open source) อย่างหนึ่ง ซึ่งออกแบบมาสำหรับงานไอโอที ที่จะทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ เชื่อมต่อเข้ากับระบบผ่านอินเทอร์เน็ตได้ง่าย สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์จากระยะไกลผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ในส่วนของค่าบริการหากใช้งานเครื่องบริการบลิง (Blynk server) จะสามารถใช้งานฟรีสำหรับอุปกรณ์ต้นแบบ (Prototype) และมีค่าบริการสำหรับเชิงธุรกิจ (<https://blynk.io/pricing>) แต่ข้อดีของแพลตฟอร์มบลิง คือ ทางผู้ผลิตแจกรหัสต้นฉบับ (Source code) สำหรับตั้งเครื่องบริการบลิงด้วยตนเองได้ (ThaiEasyElec, ออนไลน์, 2563) และการพัฒนาระบบตรวจวัดอุณหภูมิห้องเซิร์ฟเวอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง โดยใช้เซ็นเซอร์แบบ

DHT11 ทำการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นที่ได้ ส่งผ่านระบบเครือข่ายแบบไร้สายไปยังโปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือ เพื่อแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นที่วัดค่าได้แบบเรียลไทม์ (กฤษฎา แก้วผุดผ่อง, โสมรัตน์ พิบูลย์มณี และปิยวัฒน์ ชวนวารี, ออนไลน์, 2563)

4. ความรู้เกี่ยวกับไลน์เอพีไอ (Line API) หรือเมสเสจจิงเอไอพี (Messaging AIP) เป็นบริการของทางไลน์ ที่สามารถส่งข้อความแจ้งเตือนต่าง ๆ ไปยังแอคเคาท์ได้โดยผ่านการใช้เอพีไอ ซึ่งเรียกผ่านเอชทีทีพีโพสต์ (HTP POST) แต่สามารถส่งการแจ้งเตือนได้เฉพาะผู้ที่ขอใช้ หรือกลุ่มที่ผู้ขอใช้เป็นสมาชิกเท่านั้น ไม่สามารถส่งข้อความเข้าห้องสนทนาโดยไลน์เอพีไอ หรือเมสเสจจิงเอไอพี เป็นการสื่อสารระหว่างบริการและผู้ใช้ไลน์ เป็นการสื่อสารแบบสองฝ่าย โดยจะส่งและรับข้อมูลระหว่างเซิร์ฟเวอร์ และแอปพลิเคชันไลน์ ผ่านทางเซิร์ฟเวอร์ของไลน์ สามารถส่งและรับข้อความกับผู้ใช้ที่เป็นเพื่อนกับบัญชีนั้น ๆ (เจ้าของร้าน, ออนไลน์, 2564) และการทำงานของระบบตรวจสอบสภาพแวดล้อมในห้องบริหารและจัดการระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วยเทคโนโลยีไอโอทีผ่านไลน์เอพีไอ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้รับการประเมินความคิดเห็นด้านประสิทธิภาพของระบบโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.69) และสามารถใช้งานได้จริงในห้องบริหารและจัดการระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ (วิวัฒน์ชัย ขำประไพ, ออนไลน์, 2562)

5. ความรู้เกี่ยวกับมาตรฐาน ISO/IEC 27001:2022 เป็นมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล ซึ่งเผยแพร่โดย International Organization for Standardization (ISO) และ International Electrotechnical Commission (IEC) เป็นมาตรฐานสากลที่ได้กำหนดแนวทางดำเนินการระบบบริหารความปลอดภัยสารสนเทศ (Information Security Management System: ISMS) เพื่อสร้างความมั่นคงปลอดภัยให้กับระบบสารสนเทศ และมาตรการทางกายภาพที่อยู่ในห้องดาต้าเซ็นเตอร์ของหน่วยงาน โดยมีกระบวนการบริหารจัดการสารสนเทศที่มีความสำคัญขององค์กรให้มีความมั่นคงปลอดภัยตามหลัก CIA ความลับ (Confidentiality) ความถูกต้องสมบูรณ์ (Integrity) และความพร้อมใช้งาน (Availability) โดยระบบหรืออุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลต้องได้รับการป้องกันจากการล้นเหลวของกระแสไฟฟ้าและการหยุดชะงักอื่น ๆ ซึ่งมีแนวทางการปฏิบัติตามขั้นตอนของกระบวนการดังนี้ เริ่มตั้งแต่ทำการวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยง เพื่อให้ทราบว่าการสารสนเทศใดที่มีความสำคัญต่อการดำเนินธุรกิจขององค์กรโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยงและความเสียหายอันส่งผลกระทบต่อการดำเนินธุรกิจขององค์กร จากภัยคุกคามทั้งภายในและภายนอกองค์กรกับสารสนเทศนั้นมีมากน้อยเพียงใด และมีแนวทางการบริหารจัดการในการป้องกันความเสี่ยงดังกล่าว โดยจำเป็นต้องจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยงทั้งหมดที่พบ และพิจารณาจัดลำดับความสำคัญจากนั้นจึงดำเนินการตามวงจร P (Plan หรือ การวางแผน) D (Do หรือ การประยุกต์ใช้หรือการดำเนินการ) C (Check หรือ การตรวจสอบ) A (Action หรือ การบำรุงรักษาหรือการปรับปรุง) โดยเริ่มจากการออกแบบระบบบริหารจัดการ ซึ่งในที่นี้หมายถึง กระบวนการที่เปรียบเสมือนเป็นเครื่องมือในการรักษาความมั่นคงปลอดภัย รวมถึงการพัฒนาขั้นตอนปฏิบัติเพื่อให้เกิดกระบวนการป้องกันและรักษาความมั่นคงปลอดภัยของสารสนเทศที่ใช้ในการดำเนินธุรกิจขององค์กรอย่างเหมาะสม โดยหลังจากที่ได้ดำเนินการตามระบบที่ได้วางแผนไว้ จากนั้นทำการตรวจสอบการดำเนินงานว่ามีการดำเนินงานครบถ้วนตรงตามวัตถุประสงค์และแผนที่กำหนดไว้ อีกทั้งยังต้องพิจารณาหาจุดอ่อนที่อาจเกิดขึ้นเมื่อได้ข้อมูลครบถ้วนแล้วจึงนำมาพิจารณาทำการ

บำรุงรักษากระบวนการเดิมที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมเพียงพอ และทำการปรับปรุงกระบวนการที่ยังมีจุดอ่อนให้ดีขึ้น เพื่อให้ระบบบริหารจัดการที่ประยุกต์ใช้ในองค์กรนั้นมีคุณภาพ ทันสมัย และเหมาะสมอยู่เสมอ

โครงสร้างโดยรวมของมาตรฐาน ISO/IEC 27001 เวอร์ชันปี 2013 ก่อนได้รับการปรับปรุงแบ่งเนื้อหาออกเป็น 14 หัวข้อใหญ่ (Domain) ซึ่งแต่ละหัวข้อประกอบด้วยวัตถุประสงค์จำนวนแตกต่างกันรวมแล้ว จำนวน 35 วัตถุประสงค์ (Control objectives) หลังจากมีการปรับปรุงโครงสร้างใหม่ของมาตรฐาน ISO/IEC 27001 เวอร์ชันปี 2022 ได้ปรับปรุงแบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นข้อกำหนดในการจัดตั้ง ดำเนินการ และบำรุงรักษากระบวนการความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศ และส่วนที่เป็นมาตรการควบคุมความเสี่ยงด้านความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศทั้งหมด 93 มาตรการ โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ มาตรการด้านองค์กร มาตรการด้านบุคลากร มาตรการเชิงกายภาพ และมาตรการด้านเทคโนโลยี นอกจากนี้มาตรฐาน ISO/IEC 27001:2022 จะมุ่งเน้นที่การป้องกัน ตรวจจับ และตอบสนองต่อการโจมตีทางไซเบอร์ (Cyberattack) (บรรจง หะรังสี, ออนไลน์, 2563)

สมมติฐานการวิจัย

1. ระบบเซิร์ฟเวอร์สามารถตรวจสอบการจ่ายระบบไฟฟ้า และตรวจวัดอุณหภูมิ ใช้งานได้จริง
2. หากระบบกระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิเกิดความผิดปกติภายในห้องดาต้าเซิร์ฟเวอร์ สามารถแจ้งเตือน ผ่านระบบแจ้งเตือนไลน์ได้จริง
3. ระบบเฝ้าระวังสภาพแวดล้อมห้องดาต้าเซิร์ฟเวอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นได้ผลประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานระบบ อยู่ในระดับดี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาสภาพปัญหาปัจจุบัน สํารวจ และเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการ

ผู้วิจัยได้เข้าสำรวจพื้นที่การให้บริการห้องดาต้าเซิร์ฟเวอร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2565 เพื่อศึกษาสภาพปัญหาปัจจุบัน และได้สัมภาษณ์แบบเชิงลึก ด้วยคำถามปลายเปิด โดยการเลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง กับเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบเครือข่าย สำนักงานบริการคอมพิวเตอร์ เพื่อสอบถามถึงกระบวนการปฏิบัติงาน โดยสามารถแบ่งประเด็นของปัญหาออกเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

1.1 ประเด็นปัญหาเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัยพบว่า มีปัญหาไฟฟ้าดับเป็นบางช่วงซึ่งไม่สามารถระบุได้แน่นอนว่าจะเกิดในช่วงเวลาใด แต่ส่วนใหญ่จะพบปัญหาไฟฟ้าดับในช่วงหน้าฝน รวมถึงสาเหตุจากสภาพแวดล้อมภายนอกที่จะส่งผลให้เกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้อง จนระบบไฟฟ้าดับภายในมหาวิทยาลัย เช่น การเกิดหม้อแปลงไฟฟ้าระเบิดหน้ามหาวิทยาลัย รถยนต์ชนเสาไฟฟ้าหน้ามหาวิทยาลัย เป็นต้น

1.2 ประเด็นปัญหาเกี่ยวกับการปฏิบัติงานพบว่า ผู้ดูแลระบบเครือข่ายที่ดูแลรับผิดชอบห้องดาต้าเซ็นเตอร์ไม่ทราบว่า เกิดไฟฟ้าดับภายในมหาวิทยาลัยในช่วงเวลาใด เพราะภายในห้องดาต้าเซ็นเตอร์มีเครื่องสำรองไฟฟ้า ซึ่งสามารถสำรองกระแสไฟฟ้าเพื่อรองรับการใช้งานของเครื่องแม่ข่ายและระบบเครือข่ายได้ประมาณ 2 ชั่วโมง หากไฟฟ้าดับเกิน 2 ชั่วโมง ขึ้นไป ระบบเครือข่ายและอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในห้องดาต้าเซ็นเตอร์ก็จะดับและไม่สามารถทำงานได้ ทำให้ไม่สามารถเข้าใช้งานระบบสารสนเทศของมหาวิทยาลัยได้ และเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบเครือข่ายจะไม่ทราบเรื่องว่าระบบสารสนเทศของมหาวิทยาลัยไม่สามารถเข้าใช้งานได้จนกว่าจะมีการติดต่อจากบุคลากรของมหาวิทยาลัยหรือเข้าไปทดสอบการทำงานของระบบสารสนเทศ โดยดำเนินการตรวจสอบอุปกรณ์แต่ละชนิดในห้องดาต้าเซ็นเตอร์ว่าทำงานปกติหรือไม่ หากตรวจสอบพบว่า มีความผิดปกติไม่สามารถให้บริการได้ ก็จะโทรสอบถามไปยังสำนักงานอาคารสถานที่ว่าไฟฟ้าดับหรือไม่ และจะต้องใช้เวลาในการแก้ไขนานเท่าใด

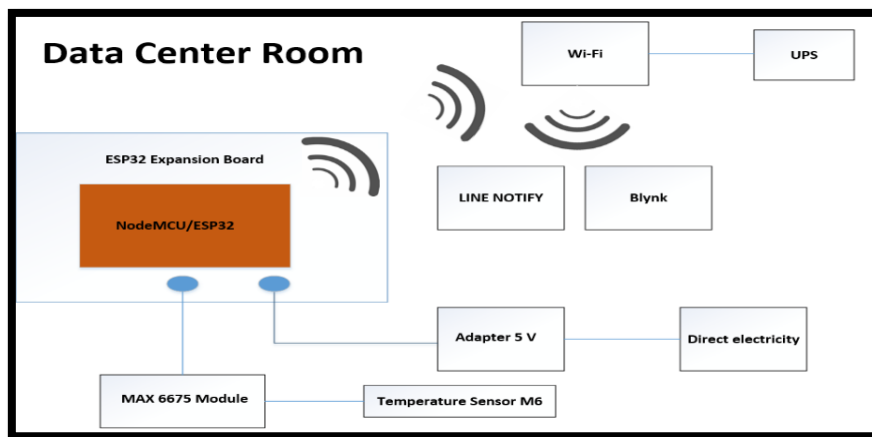
หากไฟฟ้าดับในช่วงวัน-เวลาปฏิบัติงาน เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบเครือข่ายจะคำนวณเวลาในการปิดระบบเครื่องแม่ข่ายและระบบเครือข่ายได้ ซึ่งจะช่วยลดความเสียหายของอุปกรณ์ภายในห้องดาต้าเซ็นเตอร์ที่มีมูลค่าสูง แต่ถ้าหากนอกเวลาปฏิบัติงานหรือนอกเวลาทำการ ซึ่งเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบเครือข่ายอยู่ภายนอกมหาวิทยาลัย จะไม่ทราบเรื่องไฟฟ้าดับในทันทีทันใด จึงไม่สามารถวางแผนการสำรองไฟฟ้าสำหรับเตรียมการปิดระบบเครื่องแม่ข่าย และระบบเครือข่าย เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายกับระบบต่าง ๆ ภายในห้องดาต้าเซ็นเตอร์ได้

ดังนั้น เพื่อให้เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบเครือข่ายสามารถเข้ามาดูระบบภายในห้องดาต้าเซ็นเตอร์ได้อย่างทันท่วงที จึงมีความต้องการให้มีการพัฒนาระบบที่สามารถส่งการแจ้งเตือนให้รับทราบในทันทีทันใด เมื่อเกิดกรณีระบบไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยดับเป็นเวลานาน หรือเครื่องปรับอากาศภายในห้องดาต้าเซ็นเตอร์ทำงานผิดปกติ จนทำให้อุณหภูมิภายในห้องดาต้าเซ็นเตอร์สูงกว่า 27 องศา ซึ่งจะมีผลกระทบกับอุปกรณ์ภายในห้องดาต้าเซ็นเตอร์ หรือร้ายแรงถึงขั้นระบบเครื่องแม่ข่ายและระบบเครือข่ายชำรุดเสียหาย จนไม่สามารถให้บริการระบบสารสนเทศต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัยได้

2. วางแผนการออกแบบระบบเฝ้าระวังสภาพแวดล้อมห้องดาต้าเซ็นเตอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง ดังนี้

2.1 การออกแบบการเชื่อมต่อการทำงานของอุปกรณ์ตรวจสอบการจ่ายระบบไฟฟ้า และตรวจวัดอุณหภูมิภายในห้องดาต้าเซ็นเตอร์ ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง จากการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการจากเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบเครือข่าย มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์เพื่อออกแบบรูปแบบระบบการแจ้งเตือนให้มีความสอดคล้องกับระบบเฝ้าระวังสภาพแวดล้อมห้องดาต้าเซ็นเตอร์ ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ 1) ESP32 30Pin Expansion Board พร้อม NodeMCU/ESP32 wroom-32 2) MAX6675 พร้อมเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค รุ่นเอ็ม 6 3) ตัวต้านทาน (Resistor) 4) สายไฟจัมป์ (Jump Wire) 5) ตัวปรับไฟ 5 โวลต์ (Adapter 5 V) และ 6) อุปกรณ์ไวไฟ ที่มีระบบสำรองไฟฟ้า

การเชื่อมต่อของอุปกรณ์แต่ละประเภทให้สามารถทำงานร่วมกันจะใช้ ESP32 30Pin Expansion Board พร้อม NodeMCU/ESP32 wroom-32 เป็นตัวหลักในการเชื่อมต่อการทำงาน โดยเชื่อมต่อกันผ่านสายไฟจัมป์ และอุปกรณ์ MAX6675 พร้อมเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค รุ่นเอ็ม 6 ในการตรวจสอบการจ่ายกระแสไฟฟ้า และตรวจวัดอุณหภูมิ โดยใช้ NodeMCU/ESP32 wroom-32 เป็นตัวจัดเก็บค่าของโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ และเชื่อมต่อกับระบบไวไฟ เพื่อการรับส่งข้อมูล ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเชื่อมต่อการทำงานของอุปกรณ์ระบบตรวจสอบกระแสไฟฟ้าและอุณหภูมิ

2.2 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง ในขั้นตอนนี้จะเขียนโปรแกรมเพื่อตั้งค่าการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ ESP32 30Pin Expansion Board พร้อม NodeMCU/ESP32 wroom-32 เข้ากับอุปกรณ์ไวไฟ ซึ่งจะใช้สำหรับการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านระบบเครือข่ายแบบไร้สาย เพื่อส่งค่าข้อมูลของกระแสไฟฟ้าและอุณหภูมิที่วัดได้จากอุปกรณ์ พร้อมเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค รุ่นเอ็ม 6 ไปเก็บไว้ที่เว็บไซต์บลิง และทำการตั้งค่าของระดับกระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิที่ต้องการแจ้งเตือนในระบบโปรแกรม ในกรณีเกิดปัญหาระบบจะทำการแจ้งเตือนข้อความไปยังโปรแกรมแจ้งเตือนไลน์ เมื่อตรวจสอบเรียบร้อยแล้วให้ทำการอัปโหลดรหัส (Upload code) ของโปรแกรมลงบนอุปกรณ์ NodeMCU/ESP32 wroom-32 เพื่อทำการบันทึกข้อมูลโปรแกรมลงบอร์ด ดังภาพที่ 3

```

void ReadElectric(){

  buttonState = digitalRead(pinput);

  Blynk.virtualWrite(VPIN_SENSOR_ELECTRIC,buttonState);

  Serial.println(buttonState);

  if((buttonState==HIGH) && (flagelec==1)){
    LINE.setToken(LINE_TOKEN);
    LINE.notify("ไฟฟ้าทำงานปกติ");
    flagelec=0;
  }

  if((buttonState==LOW) && (flagelec==0)){
    LINE.setToken(LINE_TOKEN);
    LINE.notify("ไฟฟ้าดับ");
    flagelec=1;
  }

}

```

```

Blynk.virtualWrite(VPIN_SENSOR,temp);

if(temp>27){
  flag=1;
  flagalert=1;
}
if(temp<27){
  flag=0;
}

if((flag==1) && (flagalert==1)){
  LINE.setToken(LINE_TOKEN);
  LINE.notify("อุณหภูมิสูงเกินไป");
}

if((flag==0) && (flagalert==1)){
  LINE.setToken(LINE_TOKEN);
  LINE.notify("อุณหภูมิต่ำเกินไป");
  flagalert=0;
}

}

```

ภาพที่ 3 หน้าจอโปรแกรมระบบตรวจสอบการจ่ายกระแสไฟฟ้า ระบบตรวจวัดอุณหภูมิ

3. วางแผนการประเมินคุณภาพระบบเฝ้าระวังความปลอดภัยห้องดาต้าเซ็นเตอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง ดังนี้

การประเมินผลประสิทธิภาพของระบบเฝ้าระวังความปลอดภัยห้องดาต้าเซ็นเตอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง ได้ทำการแบ่งเป็น 4 ด้าน ประกอบด้วย 1) ด้านการทดสอบความต้องการฟังก์ชัน (Functional requirement test) 2) ด้านการทดสอบฟังก์ชัน (Function test) 3) ด้านทดสอบการใช้งาน (Usability test) และ 4) ด้านการทดสอบความมั่นคง (Security test) เพื่อนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ และผู้ใช้งานระบบ ประเมินผลออกมาว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งการพัฒนาระบบติดตามและรายงานผลการปฏิบัติงานที่บ้าน (Work from home) แบบออนไลน์ ในช่วงเกิดวิกฤตสถานการณ์โรคระบาดของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ผลการประเมินระบบ ทั้ง 4 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านทดสอบความต้องการฟังก์ชัน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ =4.57) 2) ด้านการทดสอบฟังก์ชันมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ =4.33) 3) ด้านการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ =4.57) 4) ด้านการทดสอบความมั่นคง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ =4.71) ซึ่งสามารถนำเทคโนโลยีและขยายผลการนำระบบต้นแบบไปใช้งานในหน่วยงานอื่น ๆ ในมหาวิทยาลัยได้ (รัชเมศวร์ ต้นวินุกูล, บุญฤทธิ์ นกครุฑ, แสงทอง บุญยิ่ง และอดิศักดิ์ สารธรรม, ออนไลน์, 2565) และการพัฒนาระบบสารสนเทศตลาดแรงงานเพื่อการปฏิรูปการศึกษา ผลการวิจัยพบว่า การทดสอบการใช้งานได้ตามองค์ประกอบ 4 ด้าน ดังกล่าวมาแล้ว ได้ค่าเฉลี่ย คือ 1) ด้านทดสอบความต้องการฟังก์ชัน มีค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{X}$ =4.88) อยู่ในระดับดีมาก 2) ด้านการทดสอบฟังก์ชัน มีค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{X}$ =4.90) อยู่ในระดับดีมาก 3) ด้านการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{X}$ =4.80) อยู่ในระดับดีมาก 4) ด้านการทดสอบความมั่นคง มีค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{X}$ =4.84) อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบเพื่อรวบรวมข้อมูลของผู้ประกอบการและผู้สมัครงาน เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์

เพื่อหาความต้องการของตลาดแรงงาน และนำไปเป็นข้อมูลประกอบในการออกแบบหลักสูตรระดับอุดมศึกษาต่อไปได้ (คมสัน โกเสนตอ, ออนไลน์, 2560)

ผลการวิจัย

ผลการวัดประสิทธิภาพของระบบ ผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในการทำงานด้านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และการให้บริการศูนย์ข้อมูลคอมพิวเตอร์ ที่มีประสบการณ์อย่างน้อย 5 ปี จำนวน 3 คน และกลุ่มผู้ใช้งานระบบหรือบุคคลที่เกี่ยวข้องในการใช้งานระบบการแจ้งเตือนระบบไฟฟ้าดับ หรืออุณหภูมิสูงเกินมาตรฐานภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ จำนวน 3 คน โดยแบ่งการประเมินผลประสิทธิภาพของระบบ ดังนี้

ตารางที่ 1 สรุปผลการประเมินคุณภาพของระบบในทุก ๆ ด้าน โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ความหมาย
1. Functional Requirement Test	4.44	0.19	ดี
2. Function Test	4.55	0.19	ดีมาก
3. Usability Test	4.48	0.25	ดี
4. Security Test	4.42	0.15	ดี
รวม	4.47	0.20	ดี

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพของระบบในทุก ๆ ด้าน โดยผู้เชี่ยวชาญ ได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.47 ดังนั้น สามารถสรุปผลการประเมินได้ว่า ระบบเฝ้าระวังสภาพแวดล้อมห้องดาต้าเซนเตอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดี

ตารางที่ 2 สรุปผลการประเมินคุณภาพของระบบในทุก ๆ ด้าน โดยผู้ใช้งานระบบ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ความหมาย
1. ด้าน Functional Requirement Test	4.56	0.19	ดีมาก
2. ด้าน Function Test	4.67	0.39	ดีมาก
3. ด้าน Usability Test	4.57	0.25	ดีมาก
4. ด้าน Security Test	4.42	0.46	ดี
รวม	4.56	0.20	ดีมาก

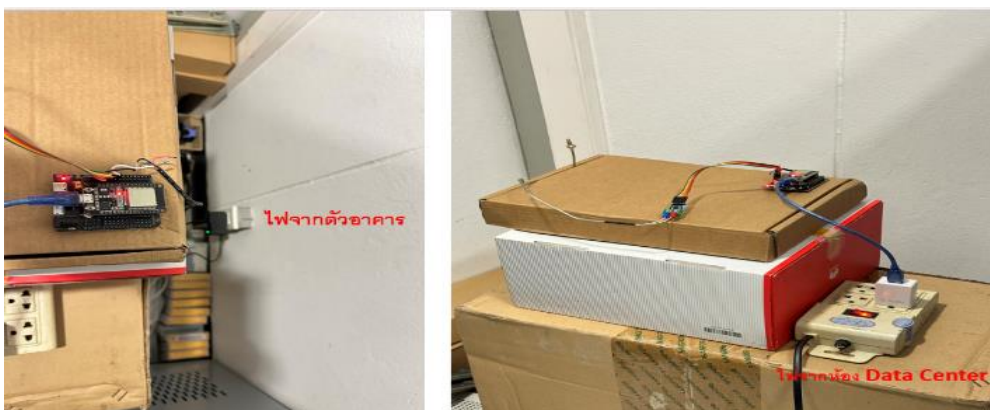
จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพของระบบในทุก ๆ ด้าน โดยผู้ใช้งานระบบ ได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.56 ดังนั้น สามารถสรุปผลการประเมินได้ว่า ระบบเฝ้าระวังสภาพแวดล้อมห้องดาต้าเซ็นเตอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพในระดับดีมาก

อภิปรายผล

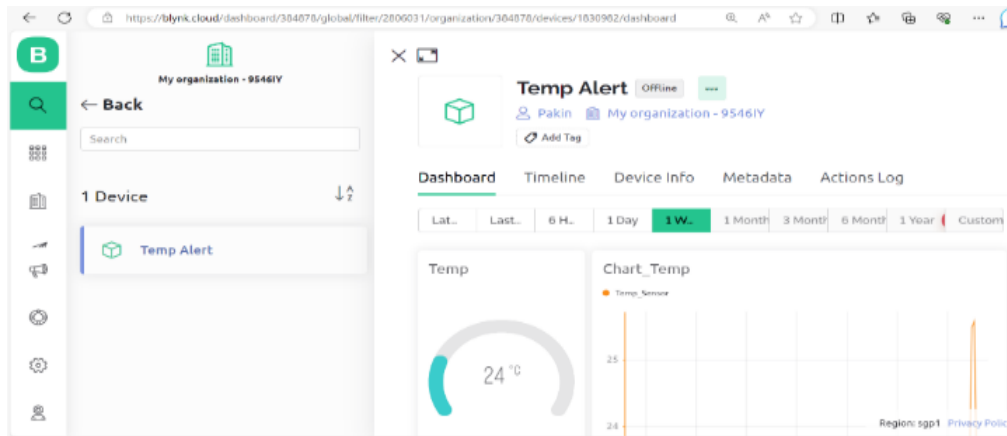
จากการศึกษาวิจัย เรื่องการพัฒนาระบบเฝ้าระวังความปลอดภัยห้องดาต้าเซ็นเตอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง สามารถนำมาอภิปรายผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

สมมติฐานที่ 1 ระบบเซนเซอร์สามารถตรวจสอบการจ่ายระบบไฟฟ้า และตรวจวัดอุณหภูมิใช้งานได้จริง

ผลการวิจัยพบว่า ผู้วิจัยได้นำชุดอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อเข้าด้วยกันแล้ว ไปติดตั้งในห้องดาต้าเซ็นเตอร์ตั้งแต่เดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2566 และทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า และวัดอุณหภูมิ ร่วมกับอุปกรณ์ไวไฟ เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อ และส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ NodeMCU/ESP32 wroom-32 ไปยังเว็บไซต์ลิง และโปรแกรมแจ้งเตือนไลน์ ว่าใช้งานได้จริงหรือไม่ จากการทดสอบระบบในครั้งแรกที่มีการเชื่อมต่อระหว่างชุดอุปกรณ์ระบบตรวจสอบการจ่ายกระแสไฟฟ้า และตรวจวัดอุณหภูมิ ผ่านอุปกรณ์ไวไฟ ระบบสามารถส่งข้อความ “ระบบแจ้งเตือนพร้อมทำงาน” ไปยังแจ้งเตือนไลน์ได้จริง ดังภาพที่ 4 ถึง ภาพที่ 5 ตามที่ตั้งค่าไว้ในโปรแกรม สอดคล้องกับการศึกษาของ วิวัฒน์ชัย ขำประไพ (ออนไลน์, 2562) พบว่า การทำงานของระบบตรวจสอบสภาพแวดล้อมในห้องบริหารและจัดการระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที ผ่านไลน์เอพีไอ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้รับการประเมินความคิดเห็นด้านประสิทธิภาพของระบบโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.69) และสามารถใช้งานได้จริงในห้องบริหารและจัดการระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จากการทดลองระบบแจ้งเตือนระดับอุณหภูมิภายในห้องบริการจัดการระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ผ่านแอปพลิเคชันไลน์เอพีไอของผู้วิจัย ระบบสามารถแจ้งเตือนอุณหภูมิ และความชื้นภายในห้องทุก ๆ 1 ชั่วโมง ผ่านแอปพลิเคชันไลน์เอพีไอ แต่ก็ยังมีบางส่วนที่ยังสามารถเพิ่มเติมเพื่อให้การใช้งานระบบการแจ้งเตือน ประสิทธิภาพมากขึ้น



ภาพที่ 4 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในห้องดาต้าเซ็นเตอร์



ภาพที่ 5 หน้าจอแสดงการจัดเก็บข้อมูลกระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิ บนเว็บไซต์บลิง

สมมติฐานที่ 2 หากระบบกระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิเกิดความผิดปกติภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ สามารถแจ้งเตือนผ่านไลน์ ได้จริง

ผลการวิจัยพบว่า ระบบการแจ้งเตือนไฟฟ้าดับ และอุณหภูมิสูง ตั้งแต่เดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2566 นั้น มีไฟฟ้าดับ จำนวน 6 ครั้ง และระบบสามารถแจ้งเตือนข้อความ “ไฟฟ้าดับ” ไปยังแจ้งเตือนไลน์ได้จริง และส่งข้อมูลไปยังเว็บไซต์บลิง เพื่อเก็บสถิติได้ สำหรับการแจ้งเตือนอุณหภูมิสูงกว่า 27 องศา ภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ นั้น ไม่พบเหตุการณ์ที่อุณหภูมิสูงกว่า 27 องศา เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ดับสามารถกลับมาใช้งานเป็นปกติได้ภายใน 2 ชั่วโมง และระบบเครื่องปรับอากาศภายในห้องดาต้าเซนเตอร์ทำงานได้เป็นปกติ ทำให้ยังไม่มีแจ้งเตือนเรื่องอุณหภูมิสูงกว่า 27 องศา ไปยังแจ้งเตือนไลน์ แต่มีการแจ้งเตือนข้อความ “อุณหภูมิปกติ” ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการจำลองเหตุการณ์ขึ้น เพื่อทดสอบการแจ้งเตือนกรณีที่เกิดเหตุการณ์อุณหภูมิสูงกว่า 27 องศา โดยนำอุปกรณ์ออกมาติดตั้งที่สำนักงานบริการคอมพิวเตอร์ เมื่อเครื่องปรับอากาศภายในสำนักงานบริการคอมพิวเตอร์ปิด เวลา 12.30 น. หลังจากไปแล้วประมาณ 1 ชั่วโมง ระบบได้ส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแจ้งเตือนไลน์ว่า “อุณหภูมิสูงกว่าปกติ” เนื่องจากสำนักงานบริการคอมพิวเตอร์ปิดเครื่องปรับอากาศ จึงทำให้อุณหภูมิภายในสำนักงานสูงเกิน 27 องศา การจำลองเหตุการณ์เพื่อทดสอบระบบการแจ้งเตือนพบว่า ระบบสามารถตรวจวัดอุณหภูมิ และแจ้งเตือนข้อความ “อุณหภูมิสูงกว่าปกติ” ไปยังแจ้งเตือนไลน์ได้จริง ดังภาพที่ 6 ซึ่งปฏิบัติตามสมมติฐานของการวิจัยที่ได้กำหนดเอาไว้ สอดคล้องกับการวิจัยของ กฤษฎา แก้วผุดผ่อง, โสมรัศม์ พิบูลย์มณี และปิยวัฒน์ ขวนวารี (ออนไลน์, 2563) ที่พัฒนาระบบตรวจวัดอุณหภูมิห้องเซิร์ฟเวอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง โดยใช้เซนเซอร์ แบบ DHT11 ทำการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นที่ได้ ส่งผ่านระบบเครือข่ายแบบไร้สายไปยังโปรแกรมบลิงบนโทรศัพท์มือถือ เพื่อแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นที่วัดค่าได้แบบเรียลไทม์ มีการจัดเก็บบันทึกค่าของอุณหภูมิที่วัดได้ในแต่ละช่วงเวลา โดยสามารถนำข้อมูลออกมาวิเคราะห์ได้ในภายหลัง และหากพบว่า อุณหภูมิภายในห้องเซิร์ฟเวอร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ก็จะมีแจ้งเตือนในทันทีไปยังแจ้งเตือนไลน์ที่กำหนดไว้ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 หน้าจอแสดงการแจ้งเตือนอุณหภูมิ และแจ้งเตือนกระแสไฟฟ้าผ่านแจ้งเตือนไลน์

สมมติฐานที่ 3 ระบบเฝ้าระวังสภาพแวดล้อมห้องดาต้าเซนเตอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นได้ผลประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานระบบ มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีตามที่กำหนดไว้

ผลการวิจัยพบว่า ผลประเมินคุณภาพของระบบ ซึ่งแบ่งการประเมินผลประสิทธิภาพของระบบออกเป็น 4 ด้าน ประกอบด้วย 1) ด้านการทดสอบความต้องการฟังก์ชัน (Functional requirement test) 2) ด้านการทดสอบฟังก์ชัน (Function test) 3) ด้านทดสอบการใช้งาน (Usability test) และ 4) ด้านการทดสอบความมั่นคง (Security test) พบว่า ผลการประเมินในทุก ๆ ด้าน จากผู้เชี่ยวชาญ ได้ค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.47$) และผลการประเมินคุณภาพของระบบในทุก ๆ ด้าน จากผู้ใช้งานระบบ ได้ค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.56$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ เนื่องจากระบบถูกออกแบบให้ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ และคำนึงถึงการใช้งานทั้ง 4 ด้าน ดังที่กล่าวมาแล้ว สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัตเมศวร์ ตันวิญกุล, บุญฤทธิ์ นกครุฑ, แสงทอง บุญยิ่ง และอดิศักดิ์ สารธรรม (ออนไลน์, 2565) ที่พัฒนาระบบติดตามและรายงานผลการปฏิบัติงานที่บ้าน (Work from home) แบบออนไลน์ ในช่วงเกิดวิกฤตสถานการณ์โรคระบาดของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ผลการประเมินระบบ ทั้ง 4 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านทดสอบความต้องการฟังก์ชัน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.57$) 2) ด้านการทดสอบฟังก์ชัน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.33$) 3) ด้านการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.57$) 4) ด้านการทดสอบความมั่นคง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.71$) ซึ่งสามารถนำเทคโนโลยีและขยายผลการนำระบบต้นแบบไปใช้งานในหน่วยงานอื่น ๆ ในมหาวิทยาลัยได้ นอกจากนี้ผลการประเมินนี้ยังสอดคล้องกับ คมสัน โกเสนตอ (ออนไลน์, 2560) ที่ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศตลาดแรงงานเพื่อการปฏิรูปการศึกษา ผลการวิจัยพบว่า การทดสอบการใช้งานได้ตามองค์ประกอบ 4 ด้าน ดังกล่าวมาแล้ว ได้ค่าเฉลี่ย คือ 1) ด้านทดสอบความต้องการฟังก์ชัน มีค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{X}=4.88$) อยู่ในระดับดีมาก 2) ด้านการทดสอบฟังก์ชัน มีค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{X}=4.90$) อยู่ในระดับดีมาก 3) ด้าน

การใช้งาน มีค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{X}=4.80$) อยู่ในระดับดีมาก 4) ด้านการทดสอบความมั่นคง มีค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{X}=4.84$) อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบเพื่อรวบรวมข้อมูลของผู้ประกอบการและผู้สมัครงาน เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาความต้องการของตลาดแรงงาน และนำไปเป็นข้อมูลประกอบในการออกแบบหลักสูตรระดับอุดมศึกษาต่อไปได้

ข้อเสนอแนะ

จากข้อค้นพบในการพัฒนาระบบเฝ้าระวังความปลอดภัยห้องดาต้าเซ็นเตอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง ที่ได้จากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอเสนอแนะเพื่อพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพของงานวิจัย ดังนี้

1. ควรเพิ่มระยะเวลาการทดสอบการตรวจวัดอุณหภูมิสูงภายในห้องดาต้าเซ็นเตอร์จาก 3 เดือนให้เพิ่มมากขึ้นเพื่อจะได้ทราบผลว่า ในอนาคตระบบจะสามารถตรวจวัดอุณหภูมิสูงภายในสถานที่จริง และแจ้งเตือนผ่านแจ้งเตือนไลน์ได้ หรือไม่ และอุปกรณ์ระบบตรวจสอบการจ่ายกระแสไฟฟ้าและตรวจวัดอุณหภูมิชุดนี้เป็นการพัฒนาระบบด้วยต้นทุนไม่สูง สามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการตรวจวัดอุณหภูมิ หรือแจ้งเตือนไฟฟ้าดับในจุดอื่น ๆ ได้

2. สามารถนำงานวิจัยไปต่อยอดในการพัฒนาระบบในการแจ้งเตือนการเข้าออกห้องดาต้าเซ็นเตอร์แบบเรียลไทม์ หรือการพัฒนาระบบแจ้งเตือนเมื่อเกิดการรั่วไหลของน้ำจากระบบทำความเย็นใต้พื้น เพื่อลดปัญหาความชื้นภายในห้องดาต้าเซ็นเตอร์

บรรณานุกรม

กฤษฎา แก้วผุดผ่อง, โสมรัตน์ พิบูลย์มณี และปิยวัฒน์ ขวนวารี่. (2563). *การพัฒนาระบบตรวจวัดอุณหภูมิห้องเซิร์ฟเวอร์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง* (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก:

<https://clib.psu.ac.th/km/wp-content/uploads/2020/01/เอกสารประเภทบรรยาย-IT.pdf>
[2566, 12 มกราคม].

คมสัน โกเสนตอ. (2560). *การพัฒนาระบบสารสนเทศตลาดแรงงานเพื่อการปฏิรูปการศึกษา* (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: <http://cmruir.cmru.ac.th/handle/123456789/1235> [2563, 22 พฤศจิกายน].

จันทพงษ์ บุตรลักษณ์. (2560). *รายงานการวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบเฝ้าระวังสภาพแวดล้อมของเซิร์ฟเวอร์แร็ค* (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://icit.kmutnb.ac.th/main/wp-content/uploads/2021/02/research_icit_development_of_rack_server_security.pdf
[2565, 20 ตุลาคม].

เจ้าของร้าน. (2564). *สอนใช้งานบอร์ด NodeMCU ESP8266 ESP32 แจ้งเตือนแอปพลิเคชัน Line บทที่ 1* (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: <https://www.analogread.com/article/85/สอนใช้งานบอร์ด-nodemcu-esp8266-esp32-แจ้งเตือนแอปพลิเคชัน-line-บทที่-1> [2565, 20 ตุลาคม].

- บรรจง หะรังสี. (2563). **มาตรฐาน ISO/IEC 27001:2022 ฉบับภาษาไทย** (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: <https://www.tnetsecurity.com/download/มาตรฐาน-iso-iec-270012022-ฉบับภาษาไทย> [2565, 10 ตุลาคม].
- วิวัฒน์ชัย ขำประไพ. (2562). **การพัฒนาระบบตรวจสอบสภาพแวดล้อมในห้องบริหารและจัดการระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วยเทคโนโลยี IOT ผ่าน Line API ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่** (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: <http://www.cmruir.cmru.ac.th/bitstream/123456789/2153/3/1.2.%20บทคัดย่อ.pdf> [2565, 20 ตุลาคม].
- รัตเมศวร์ ตันวิญกุล, บุญฤทธิ์ นกครุฑ, แสงทอง บุญยิ่ง และอดิศักดิ์ สารธรรม. (2565). **การพัฒนาระบบติดตามและรายงานผลการปฏิบัติงานที่บ้าน (Work from home) แบบออนไลน์ ในช่วงเกิดวิกฤตสถานการณ์โรคระบาดของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ** (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: https://research.kpru.ac.th/journal_science/journal/19722022-06-28.pdf [2566, 24 มกราคม].
- สำนักงาน กสทช. (2560). **เทคโนโลยี Internet of Things และนโยบาย Thailand 4.0** (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: <https://www.nbtc.go.th/Services/quarter2560/ปี-2561/32279.aspx> [2565, 20 ตุลาคม].
- แอดมิน. (2564). **ESP32 คืออะไร ดีกว่า ESP8266 อย่างไร** (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: <https://techtalk2apply.com/what-is-esp32/> [2566, 25 ธันวาคม].
- Alvan Prastoyo Utomo, M., Aziz, A., Winarno & Harjito, B. (2019). Server room temperature & humidity monitoring based on internet of thing (IoT). *Journal of Physics: Conference Series*, 1306(1) (012030), pp. 1-8.
- ThaiEasyElec. (2563). **เริ่มต้น IoT App ด้วย Blynk** (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: <https://blog.thaieasyelec.com/getting-started-iot-with-blynk/> [2565, 11 พฤศจิกายน].